



TITLE:

Spatio-temporal changes of salmon consumption by brown bears: An example of human-induced alterations in marine-terrestrial linkage(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Matsubayashi, Jun

CITATION:

Matsubayashi, Jun. Spatio-temporal changes of salmon consumption by brown bears: An example of human-induced alterations in marine-terrestrial linkage. 京都大学, 2015, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18828>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏 名	松 林 順
論文題目	Spatio-temporal changes of salmon consumption by brown bears: An example of human-induced alterations in marine-terrestrial linkage （ヒグマによるサケ利用の時空間的変化：人の活動が、海と陸のつながりに及ぼす影響の一例として）		
（論文内容の要旨）			
<p>最終氷期以降、人の活動は生態系に最も大きな影響を与えた要因である。中でも、人の活動が食物網に及ぼす影響はしばしば種や個体群の絶滅を伴わないために、観測することが難しい。既存研究から、日本の北海道ではヒグマとサケの両種が分布しているにもかかわらず、彼らのつながりが人為影響により分断されている可能性が考えられる。そこで、本博士論文では、サケの捕食を通じてヒグマが海由来の栄養源を陸域へと運搬する役割を果たしていることに着目し、彼らのつながりの時空間的変化を調査した。北海道では、ここ200年の間に急速に開発が進められたという特徴があるため、人の活動がヒグマの食性に与えた影響の評価に適している。</p> <p>本研究の目的は、ヒグマとサケを介した海洋一陸域間の生物的つながりが、人為影響によって制限された証拠を示すことである。ヒグマの食性は、炭素・窒素・イオウ安定同位体を用いて定量的に評価した。同位体分析用のサンプルとして、ヒグマの骨コラーゲン及び食物資源（C₃草本類、C₃果実類、コーン、アリ、シカ、サケ）を収集した。第三章では、知床半島のヒグマを対象に、安定同位体分析及び同位体混合モデルを用いた食性分析を行い、北アメリカのヒグマ個体群の食性と比較した。第四章では、道東・道南地域を対象に過去から現在までのヒグマの歴史的な食性の変化を調べた。第五章では、ヒグマ各個体の炭素・窒素安定同位体比值と大腿骨長データを基に、ヒグマの栄養条件が体サイズに及ぼす影響を調べた。第六章では、知床半島のヒグマを対象に、各個体のサケ利用割合に対する人工的な開発行為の影響を、安定同位体分析とグラフ理論に基づく空間解析を組み合わせた手法により評価した。</p> <p>第三章の研究から、北海道内で最もサケが利用しやすい環境だと考えられる知床半島であっても、ヒグマのサケ利用割合は北アメリカのヒグマに比べて極めて低い水準であることが明らかになった。第四章では、北海道のヒグマの歴史的な食性の変化が明らかになり、東部地域では、人の開発の開始前後で、ヒグマのサケの利用割合が18.7%から8.2%にまで減少したことが明らかになった。第五章では、オスの地域個体群の平均的な体サイズが、ヒグマの栄養条件と強い相関をもつことが明らかになった。第六章では、ヒグマのサケ利用割合の個体差が、生息環境内の人工的な土地利用と河川工作物の空間配置によって強く説明されることが明らかになった。これらの結果から、人の影響によって生物を介した海洋と陸域のつながりが制限される事例が示された。ヒグマとサケの関係のような生態系の境界を越えた生物間相互作用は、受け手側の生態系に大きな影響をもたらす。今後はこのような生態系を跨ぐ物質輸送系とそれに対する人為影響により注目を向ける必要があるだろう。ヒグマは体サイズが大きく、行動圏も広い。さらに、日和見的な雑食性であり、資源の可給性に合わせて柔軟に食性を適応させるという特徴を持つ。本研究でも、人の開発に伴う空間的・時間的な餌環境の変動に合わせて、ヒグマの食性は明瞭に変化していた。従って、ヒグマの食性解析から、人間活動が食物網構造に及ぼした変化の指標を得ることができると考えられる。現在知床半島では、ヒグマとサケのつながりを回復させるための施策が始まっている。本研究の成果は、この施策に関する具体的な保全目標の提案や、各施策の効果の予測に応用可能だと考えられる。今後は、観測されたヒグマとサケのつながりの減少が、周辺の生態系に及ぼした影響の評価が重要な課題だろう。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、人による開発の進展に伴って、ヒグマとサケのつながりがどのように変化するか、それがヒグマの形態にどのような影響をもたらすかを炭素・窒素・イオウの安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{34}\text{S}$ 値) を用いて研究したものである。ヒグマとサケの食物連鎖関係は、海洋—陸域間の物質輸送の重要な構成要素である。人為影響によってこのような生物間相互作用が制限されることを明確に示した事例は世界的に見ても極めて限定的であり、その評価の方法も確立されていなかった。

そこで本論文では、安定同位体混合モデルによるヒグマのサケ利用割合推定と、時系列解析、体サイズとの関連のモデリング及び空間解析といった手法を組み合わせることで、この課題に取り組んだ。一般的な炭素・窒素の同位体元素に加えてイオウの同位体比を用いたことで、個体ごとに正確なサケ利用割合を推定することができ、これによって各種モデリングへの応用が可能となっている。イオウの安定同位体比は栄養段階ごとの濃縮は小さいが、海洋と陸域で大きく異なる値を示す。サケはヒグマが利用する代表的な食物の中で唯一海洋由来の資源であることから、イオウ安定同位体はサケ利用の度合いを評価するうえで適している。

本研究は、ヒグマとサケの両方が分布する北海道の各地を対象に行われた。第三章では、北海道の知床半島を対象に炭素・窒素安定同位体を用いたヒグマの食性分析を行い、知床のヒグマのサケ利用は北アメリカのヒグマに比べて顕著に少ないこと、開発の少ない世界遺産地域のヒグマでは、開発の進んだ地域に比べてサケの利用が多いことを明らかにした。北海道では北アメリカに比べて人為影響の度合いが高いと考えられることから、人為的な要因がヒグマとサケのつながりを制限している可能性が示唆された。

第四章では、北海道の西部・東部地域を対象に、過去の遺跡などから出土したヒグマの骨試料の炭素・窒素・イオウ同位体分析を行い、歴史的なヒグマの食性を復元した。過去のヒグマではサケ及び陸上動物が主要な食物資源だったのに対して、現代のヒグマでは植物を中心とした食性に変化したことが明らかになった。また、栄養段階の指標となる窒素同位体比値の時系列変化から、ヒグマの食性のシフトは、人による開発が始まった過去200年の間に急激に生じたことが示された。

第五章では、北海道全域を対象にヒグマの体サイズ(大腿骨長)と栄養条件との関係のモデリングを行った。各同位体元素のうち、栄養段階の指標となる窒素同位体比値が、オスのヒグマの地域個体群レベルの大腿骨長と強い相関を持っていることが明らかになった。体サイズを決定する要因は性選択など複雑な要因で決まっているが、サケのような栄養価の高い食物資源は、少なくともオスの体サイズを決定する上で重要な役割を持っていることが示された。

第六章では、開発された地域と非開発地域の両方を含む知床半島を対象として、ヒグマのサケ利用の空間的な違いと人為的な土地開発との関係のモデリングを行った。ヒグマの行動圏からサケの遡上する河川までの移動コストが、サケ利用に対して負の相関を持っていることが明らかになり、高い移動コストが推定された道路や、サケの遡上を妨げる河川工作物が存在することで、ヒグマにとってサケを利用しにくい環境となることが予測された。

本論文は、安定同位体分析手法を用いて、ヒグマとサケのつながりについて包括的に研究を行ったものであり、得られた結果と用いられた手法の両面においてオリジナリティーの高い研究である。特に、ヒグマのサケ利用割合と土地開発との関係を明らかにするために、安定同位体分析と空間解析を組み合わせた手法を提案したことは、安定同位体分析の新たな応用方法として重要な意味合いを持つ。本論文で提案した手法に関しては、今後の研究によって改めて検証が必要であるが、他の生物や地域でも応用可能な手法であり、今後の同位体生態学研究の発展に寄与すると考えられる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 27 年 1 月 20 日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、（平成 28 年 3 月 23 日までの間）当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 年 月 日以降